5～8 周龄京红 1 号蛋鸡饲粮赖氨酸需要量

王晓翠　武书庚*　宋　丹　张海军　岳洪源　王　晶　齐广海

(中国农业科学院饲料研究所，农业部饲料生物技术重点开放实验室，生物饲料开发国家工程研究中心，北京 100081)

摘　要：本试验旨在研究 5~8 周龄京红 1 号蛋鸡饲粮赖氨酸（Lys）的需要量。选取 4 周龄京红 1 号蛋鸡母雏 360 只，随机分为 5 组，每组 6 个重复，每个重复 12 只鸡。饲粮 Lys 水平分别为 0.70%、0.84%、0.98%、1.12%和 1.26%，试验期 4 周。结果表明：0.84%Lys 组蛋鸡平均日增重、8 周龄体重和群体均匀度均显著高于 1.26%Lys 组（$P<0.05$）。0.98%和 1.12%Lys 组的体格发育显著优于 1.26%Lys 组（$P<0.05$）。0.98%和 1.12%Lys 组的十二指肠重、空肠长显著高于 0.70%和 1.26%Lys 组（$P<0.05$）。0.84%Lys 组胸腺指数显著高于 0.98%、1.12%和 1.26%Lys 组（$P<0.05$）；0.84%、0.98%和 1.12%Lys 组法氏囊指数显著高于其他组（$P<0.05$）。0.84%、0.98%和 1.12%Lys 组血清总蛋白和白蛋白含量显著高于 0.70%和 1.26%Lys 组（$P<0.05$）；0.98%Lys 组血清尿素氮和尿酸含量显著低于 1.26%Lys 组($P<0.05$)；0.84%Lys 组血清碱性磷酸酶活性和血浆生长激素含量均显著高于 0.70%Lys 组（$P<0.05$）。根据 8 周龄鸡体重、群体均匀度、全净膛重、屠体重、心脏指数、肝脏指数、胫长、十二指肠重及血清尿酸含量等指标，各自拟合二次曲线，得出最佳饲粮赖氨酸含量分别为 0.906%、0.888%、0.931%、0.928%、0.889%、0.902%、0.902%、1.071%和 0.958%。综上，推荐 5~8 周龄京红 1 号蛋鸡饲粮赖氨酸需要量为 0.93%。

关键词：赖氨酸；京红 1 号；生长发育；后备母鸡

中图分类号：S831

作为家禽饲粮的第二限制性氨基酸，赖氨酸是“理想蛋白质”的参比氨基酸[1]，参与体蛋白合成、促进生长发育。饲粮中合理的赖氨酸供给量对于确定其他氨基酸的供给量极为重要。京红 1 号蛋鸡是我国自主培育的优良褐壳蛋鸡配套系，具有适应性强、产蛋量高、耗料低等特点，已成为我国主推品种，然而关于其育雏期赖氨酸需要量的研究报道较少。因此，研究

收稿日期：2016－09－28

基金项目：现代农业产业技术体系（CARS-41-K13）；家禽产业技术体系北京市创新团队（CARS-PSTP）

作者简介：王晓翠（1983－），女，山东沂南人，博士研究生，从事蛋鸡及蛋品质营养研究。E-mail: maque3001@163.com

*通信作者：武书庚，研究员，硕士生导师，E-mail: wushugeng@caas.cn

京红 1 号蛋鸡母雏饲粮中赖氨酸供给量对该品种蛋鸡的健康养殖和标准化生产具有重要意义。当前，关于京红 1 号蛋鸡氨基酸需要量的研究集中于产蛋高峰期[2-3]和蛋雏鸡的蛋氨酸需要量[4-5]。不同营养标准对蛋雏鸡生长期的阶段划分不同，NRC（1994）将其分为 1～6 周龄、7～12 周龄和 13～18 周龄；我国《鸡饲养标准》（NY/T 33－2004）将蛋雏鸡生长期分为 1～8 周龄和 9～18 周龄；加拿大《实用家禽营养》将其分成 1～6 周龄、7～10 周龄、11～16 周龄和 17～18 周龄；海兰褐蛋鸡饲养手册则将蛋鸡生长期分为 1～6 周龄、7～12 周龄和 13～15 周龄；罗曼褐壳蛋鸡的营养标准将生长期分为 1～4 周龄、5～8 周龄和 9～15 周龄。不可否认，蛋雏鸡生长阶段划分越细，饲粮营养更易符合雏鸡的营养需要。此外，各种标准对褐壳蛋鸡赖氨酸的推荐量不尽相同，NRC（1994）推荐（0～6 周龄）为 0.80%，《鸡饲养标准》（NY/T 33－2004）推荐（0～8 周龄）为 1.00%，加拿大《实用家禽营养》推荐（7～10 周龄）为 0.90%，海兰褐蛋鸡饲养手册推荐（0～6 周龄）为 1.10%[6]。盲目引用标准配制饲粮可能会造成营养素浪费，影响蛋鸡日后产蛋性能；合理的营养素供给量可提高营养效率、减少排泄，有助于降低饲养成本，提高生产效益[7]。研究和更新蛋雏鸡饲粮赖氨酸营养供给量，可更好适应京红 1 号后备母鸡的生长发育需要，为产蛋期的持续高产做准备。因此，本试验研究了饲粮中赖氨酸水平（0.70%～1.26%）对京红 1 号蛋鸡生长性能、血液指标、免疫器官和小肠发育等的影响，探讨 5～8 周龄京红 1 号蛋鸡适宜赖氨酸需要量，以期为京红 1 号蛋鸡全价饲粮的科学配制提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

L－赖氨酸盐酸盐，纯度 98.5%，由 Evonik Degussa 公司提供。

1.2　试验设计与试验饲粮

选取 360 只体重相近、健康的 4 周龄京红 1 号蛋鸡母雏，组间、重复间试鸡体重[（265.70±3.04） g]无显著差异（$P>0.05$）。采用单因素试验设计，试鸡随机分成 5 个组，每组 6 个重复，每个重复 12 只鸡。试验饲粮参照 NRC（1994）[8]和《鸡饲养标准》（NY/T 33—2004）[9]，结合京红蛋鸡饲养手册配制，饲粮中通过添加晶体赖氨酸使赖氨酸水平分别为 0.70%、0.84%、0.98%、1.12%和 1.26%（表 1）。所有饲粮采取多点取样各 500 g 置于 4 ℃保存，用于测定粗蛋白质、钙、磷、蛋氨酸、赖氨酸和苏氨酸含量。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	赖氨酸水平 Lysine levels/%				
	0.70	0.84	0.98	1.12	1.26
原料 Ingredients					
玉米 Corn	64.90	64.90	64.90	64.90	64.90
豆粕 Soybean meal	16.52	16.52	16.52	16.52	16.52
棉籽粕 Cottonseed meal	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
小麦 Wheat	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
花生饼 Peanut meal	5.00	4.50	4.18	3.75	3.21
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48
石粉 Limestone	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70
大豆油 Soybean oil	0.14	0.21	0.24	0.29	0.35
预混料 Premix[1)]	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
L－赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys•HCl		0.19	0.37	0.56	0.74
沸石粉 Zeolite	0.40	0.64	0.75	0.94	1.24
DL－蛋氨酸 *DL*-Met	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]					
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.92	11.92	11.92	11.92	11.92
粗蛋白质 CP	17.81	17.75	17.80	17.76	17.77
钙 Ca	0.97	0.98	0.98	0.97	0.97
总磷 TP	0.58	0.58	0.58	0.57	0.57
有效磷 AP	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
赖氨酸 Lys	0.71	0.85	0.98	1.12	1.25
蛋氨酸 Met	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
苏氨酸 Thr	0.63	0.63	0.62	0.62	0.61

色氨酸 Trp	0.20	0.20	0.19	0.19	0.19
苏氨酸/赖氨酸 Thr/Lys	0.89/1.00	0.75/1.00	0.63/1.00	0.55/1.00	0.48/1.00
蛋氨酸/赖氨酸 Met/Lys	0.52/1.00	0.44/1.00	0.38/1.00	0.33/1.00	0.29/1.00

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 12 500 IU,VD_3 4 125 IU,VE 15 IU,VK 2 mg,VB_6 6 mg,VB_{12} 0.08 mg,烟酸 niacin 32.5 mg,核黄素 riboflavin 8.5 mg,硫胺素 thiamine 2.5 mg,泛酸钙 calcium pantothenate 50 mg,生物素 biotin 2 mg,吡哆醇 pyridoxine 8 mg,叶酸 folic acid 2.5 mg,胆碱 choline 500 mg,Se 0.3 mg,Mn 65 mg,Fe 60 mg,Cu 15 mg,I 1 mg,Zn 66 mg,植酸酶 phytase 500 mg。

[2)]代谢能、有效磷和色氨酸为计算值，其余为实测值。ME, AP and Trp were calculated values, while the others were measured values.

1.3　饲养管理

采用 2 层笼养，自由采食和饮水。每笼饲养 1 个重复试鸡（12 只），每天 07：00、13：00 和 17：00 各投料 1 次，每天监测鸡群健康状况，记录死淘鸡数。光照周期为 8 h（白天）：16 h（夜晚），常规免疫，试验期 4 周。

1.4　检测指标和方法

1.4.1　生长性能

试验开始前试鸡逐只称重，此外分别在饲养试验的第 8 天、第 15 天和第 22 天 06：00 空腹，将试鸡以重复为单位称重，每周末 20：00 统计当周耗料量，计算平均日采食量（average daily feed intake,ADFI）；饲养试验期末，所有试鸡逐只称体重，计算群体均匀度（community evenness，CE）、平均日增重（average daily gain,ADG）和料重比（feed/gain,F/G）。

CE（%）=平均体重±10%范围内的鸡数/每个重复鸡数×100。

1.4.2　体格发育、消化器官及免疫器官指数

于饲养试验的第 4 周末，每重复随机选取 2 只试鸡，称重，颈静脉放血致死。称屠体重、全净膛重、心脏和肝脏重。计算心脏和肝脏指数。用游标卡尺测量胫长。

心脏（肝脏）指数（%）＝心脏（肝脏）重量/活体重量×100。

取胰腺称重，分别取十二指肠、空肠及回肠，自然伸直用直尺测量长度，去除内容物称重。

取胸腺、脾脏、法氏囊，剔除表面结缔组织，称重。计算胸腺、脾脏和法氏囊指数。

免疫器官指数（%）＝免疫器官重量/活体重量×100。

1.4.3　血液指标

于饲养试验的第 4 周末，每重复随机选取 2 只试鸡，颈静脉采血 10 mL，其中 6 mL 室温倾斜静置，3 500 r/min 离心 15 min，取血清；另 4 mL 注入肝素钠抗凝管，3 500 r/min 离心 10 min，取血浆。血浆和血清样品均置于–20 ℃冰箱保存。

血清总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、尿素氮（UN）、尿酸（UA）含量和碱性磷酸酶（ALP）活性采用全自动生化分析仪测定，试剂盒购于上海科华生物工程股份有限公司。委托北京北方生物技术研究所，采用激素放射性免疫法（RIA）测定血浆中生长激素（GH）含量，试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

1.4.4 饲粮养分含量

试验饲粮中粗蛋白质含量参照 GB/T 6432—1994 测定，钙含量参照 GB/T 13885—2003 测定，磷含量参照 GB/T 6437—2002 测定，蛋氨酸、赖氨酸和苏氨酸含量参照 GB/T 18246—2000 测定。

1.5 统计分析

结果以“平均值±标准差”表示，数据利用 SPSS 19.0 中的 one-way ANOVA 程序分析，采用 LSD 多重比较进行差异显著性检验，以 P<0.05 为差异显著性标准。通过回归中的曲线估计拟合二次曲线，获得显著性二次效应时，再按 Wasserman 等[10]推荐方法求出获得最大二次效应时的赖氨酸含量，该值乘以 95%即为适宜赖氨酸需要量。

2 结果与分析

2.1 饲粮赖氨酸水平对 5～8 周龄京红 1 号蛋鸡生长性能的影响

由表 2 可知，饲粮赖氨酸水平对试验期内蛋鸡 F/G 的影响无显著差异（P>0.05），其中 0.98%赖氨酸组 F/G 最低；蛋鸡 ADG 和 8 周龄体重随饲粮赖氨酸水平的升高均先升高再降低，其中 0.84%赖氨酸组的 ADG 最高，显著高于 1.26%赖氨酸组（P<0.05），0.84%赖氨酸组 8 周龄体重最高，显著高于其他组（P<0.05）；蛋鸡 ADFI 随饲粮赖氨酸水平的升高先降低后升高，0.98%和 1.12%赖氨酸组显著低于 0.70%赖氨酸组（P<0.05）；各组 CE 随饲粮赖氨酸水平的升高呈二次曲线（先升高再降低）趋势，0.84%、0.98%和 1.12%赖氨酸组的 CE 显著高于 1.26%赖氨酸组（P<0.05）。综上，饲粮赖氨酸水平在 0.84%～1.12%，京红 1 号母雏鸡的生长性能较好。

批注 [U1]: ?

表 2 饲粮赖氨酸水平对 5~8 周龄京红 1 号蛋鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary lysine levels on growth performance of *Jinghong* hens from 5 to 8 weeks of age

项目 Items	赖氨酸水平 Lysine levels/%

	0.70	0.84	0.98	1.12	1.26
平均日增重 ADG/g	10.19±1.32[ab]	11.46±0.57[a]	10.47±0.29[ab]	10.25±0.57[ab]	9.89±0.18[b]
平均日采食量 ADFI/g	38.31±1.09[a]	37.27±0.70[ab]	34.96±0.48[b]	34.77±2.00[b]	36.66±1.93[ab]
料重比 F/G	3.58±0.51	3.57±0.29	3.40±0.15	3.55±0.15	3.58±0.22
体重 BW/g	566.38±17.69[b]	592.71±11.38[a]	562.33±8.00[b]	552.29±6.17[b]	550.50±6.29[b]
群体均匀度 Community evenness/%	79.17±7.22[ab]	87.50±12.50[a]	91.67±7.22[a]	83.33±7.22[a]	66.67±7.22[b]

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著(P>0.05)，不同字母表示差异显著(P<0.05)。下表同。

In the same row, values with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different letter superscripts mean significant difference (P<0.05). The same as below.

2.2 饲粮赖氨酸水平对 8 周龄京红 1 号蛋鸡体格发育的影响

由表 3 可知，随着饲粮赖氨酸水平的升高，各组全净膛重呈先升高再降低的二次曲线变化趋势，0.98%和 1.12%赖氨酸组显著高于 0.70%和 1.26%赖氨酸组（P<0.05）；屠体重和心脏指数先升高再降低，0.84%、0.98%和 1.12%赖氨酸组均显著高于 1.26%赖氨酸组（P<0.05）；0.98%赖氨酸组肝脏指数和胫长均显著高于其他组（P<0.05）。综上，饲粮赖氨酸水平显著影响屠体重、全净膛重、心脏指数、肝脏指数及胫长；0.84%和 0.98%赖氨酸组的京红 1 号蛋鸡的体格发育状况优于其他组。

表 3 饲粮赖氨酸水平对 8 周龄京红 1 号蛋鸡体格发育的影响

Table 3 Effects of dietary lysine levels on physical development of *Jinghong* hens at 8 weeks of age

项目 Items	赖氨酸水平 Lysine levels/%				
	0.70	0.84	0.98	1.12	1.26
屠体重 Carcass weight/g	517.33±3.51[b]	539.33±11.59[a]	554.00±6.93[a]	554.33±4.04[a]	507.00±15.71[b]
全净膛重 Eviscerated carcass weight/g	338.86±10.77[bc]	354.60±17.25[ab]	371.29±8.24[a]	367.12±14.08[a]	332.32±19.70[c]

心脏指数 Heart index/%	2.68±0.02[ab]	2.91±0.07[a]	2.88±0.21[a]	2.79±0.20[a]	2.49±0.09[b]
肝脏指数 Liver index/%	11.47±0.39b[c]	12.00±0.09[b]	12.71±0.58[a]	11.62±0.46[b]	11.03±0.14[c]
胫长 Tibial length/cm	7.33±0.05[c]	7.56±0.03[b]	7.67±0.03[a]	7.41±0.04[c]	7.23±0.03[d]

2.3 饲粮赖氨酸水平对 8 周龄京红 1 号蛋鸡消化器官发育的影响

由表 4 可知，饲粮赖氨酸水平对蛋鸡胰腺重、十二指肠长、空肠重和回肠长的影响无显著差异（P>0.05），其中 0.84%赖氨酸组胰腺重最高，0.98%赖氨酸组空肠重和回肠长最高。饲粮赖氨酸水平显著影响十二指肠重、空肠长和回肠重（P<0.05），其中 0.84%、0.98%和 1.12%赖氨酸组十二指肠重显著高于其他组（P<0.05）；0.98%和 1.12%赖氨酸组的空肠长显著高于 0.70%和 1.26%赖氨酸组（P<0.05）；0.84%和 0.98%赖氨酸组的回肠重显著高于 0.70%赖氨酸组（P<0.05）。综上，从消化器官发育角度看，饲粮适宜赖氨酸水平为 0.84%~1.12%。

表 4 饲粮赖氨酸水平对 8 周龄京红 1 号蛋鸡消化器官发育的影响

Table 4 Effects of dietary lysine levels on development of digestive organs of *Jinghong* hens at 8 weeks of age

项目 Items	赖氨酸水平 Lysine levels/%				
	0.70	0.84	0.98	1.12	1.26
胰腺重 Pancreas weight/g	1.62±0.23	1.69±0.36	1.66±0.11	1.60±0.09	1.51±0.06
十二指肠重 Duodenum weight/g	4.32±0.29[c]	5.34±0.16[a]	5.45±0.13[a]	5.06±0.48[a]	4.79±0.12[b]
十二指肠长 Duodenum length/cm	22.4±1.05	22.7±1.05	23.8±1.22	22.4±1.95	21.43±0.65
空肠重 Jejunum weight/g	8.48±0.49	8.62±1.24	9.20±0.39	9.00±0.58	7.98±1.19
空肠长 Jejunum length/cm	47.47±1.80[bc]	52.07±1.81[ab]	53.53±2.14[a]	53.17±2.86[a]	47.87±4.18[bc]

回肠重 Ileum weight/g	4.54±0.17[b]	6.32±0.07[a]	6.24±0.09[a]	6.40±0.82[ab]	6.67±0.24[a]
回肠长 Ileum length/cm	44.53±1.36	48.47±6.14	52.43±6.11	51.33±3.41	45.73±1.93

2.4 饲粮赖氨酸水平对 8 周龄京红 1 号蛋鸡免疫器官发育的影响

由表 5 可知，饲粮赖氨酸水平显著影响蛋鸡的胸腺指数和法氏囊指数（P＜0.05），对脾脏指数的影响差异不显著（P>0.05）；0.84%赖氨酸组胸腺指数显著高于 0.98%、1.12%和 1.26%赖氨酸组（P＜0.05）；0.84%、0.98%和 1.12%赖氨酸组法氏囊指数显著高于其他组（P＜0.05）；0.84%赖氨酸组的脾脏指数最高。结果提示，当以免疫器官指数为衡量标准时，京红 1 号蛋鸡饲粮赖氨酸适宜水平为 0.84%~1.12%。

表 5 饲粮赖氨酸水平对 8 周龄京红 1 号蛋鸡免疫器官发育的影响

Table 5 Effects of dietary lysine levels on development of immune organs of *Jinghong* hens at 8 weeks of age %

项目 Items	赖氨酸水平 Lysine levels/%				
	0.70	0.84	0.98	1.12	1.26
胸腺指数 Thymus index	0.26±0.06[ab]	0.29±0.00[a]	0.24±0.02[b]	0.23±0.00[b]	0.21±0.02[b]
脾脏指数 Spleen index	0.26±0.05	0.29±0.02	0.25±0.02	0.24±0.02	0.28±0.03
法氏囊指数 Bursa of fabricius index	0.414±0.028[b]	0.488±0.009[a]	0.498±0.036[a]	0.513±0.040[a]	0.350±0.073[b]

2.5 饲粮赖氨酸水平对 8 周龄京红 1 号蛋鸡血液指标的影响

由表 6 可知，饲粮赖氨酸水平显著影响血清生化指标和血浆生长激素含量（P<0.05）。0.84%、0.98%和 1.12%赖氨酸组血清 TP 和 ALB 含量显著高于 0.70%和 1.26%赖氨酸组（P<0.05）；0.98%赖氨酸组血清 UN 含量最低，显著低于 1.26%赖氨酸组（P<0.05）；0.84%和 0.98%赖氨酸组血清 UA 含量显著低于其他组（P<0.05）；0.84%赖氨酸组 ALP 活性显著高于 0.70%赖氨酸组（P<0.05），其他组间无显著差异（P>0.05）。0.84%赖氨酸组血浆 GH

含量显著高于 0.70%、1.12%和 1.26%赖氨酸组（$P<0.05$）。结果提示京红 1 号蛋鸡饲粮赖氨酸适宜水平为 0.84%~1.12%。

表 6　饲粮赖氨酸水平对 8 周龄京红 1 号蛋鸡血液指标的影响

Table 6　Effects of dietary lysine levels on blood indices of *Jinghong* hens at 8 weeks of age

项目 Items	赖氨酸水平 Lysine levels/%				
	0.70	0.84	0.98	1.12	1.26
血清 Serum					
总蛋白 TP/（g/L）	30.72±3.78[c]	35.89±4.68[a]	37.79±3.86[a]	35.25±2.72[ab]	30.38±3.05[c]
白蛋白 ALB/（g/L）	14.63±1.37[c]	16.60±1.70[ab]	16.99±1.25[a]	16.61±1.20[ab]	15.05±1.50[c]
尿素氮 UN/（mmol/L）	0.32±0.08[ab]	0.28±0.04[b]	0.26±0.05[b]	0.32±0.08[ab]	0.40±0.10[a]
尿酸 UA/(U/L)	149.67±14.57[b]	105.33±8.74[c]	107.00±4.36[c]	130.67±20.40[b]	182.33±8.50[a]
碱性磷酸酶 ALP/(U/L)	433.33±75.06[b]	646.67±40.41[a]	578.33±61.10[ab]	623.33±162.81[ab]	516.67±115.47[ab]
血浆 Plasma					
生长激素 GH/(ng/mL)	1.18±0.06[bc]	1.49±0.08[a]	1.33±0.29[ab]	0.94±0.11[c]	0.44±0.13[d]

2.6　用二次回归模型估测 5～8 周龄京红 1 号蛋鸡饲粮赖氨酸需要量

由表 7 可知，根据 8 周龄蛋鸡体重、CE、全净膛重、屠体重、心脏指数、肝脏指数、胫长、十二指肠重和血清 UA 含量等指标，各自拟合二次曲线，得出适宜饲粮赖氨酸水平分别为 0.906%、0.888%、0.931%、0.928%、0.889%、0.902%、0.902%、1.071%和 0.958%。综上，5～8 周龄京红 1 号蛋鸡饲粮中最佳赖氨酸水平为 0.931%。

表 7　根据二次回归模型估测 5～8 周京红 1 号蛋鸡饲粮赖氨酸需要量

Table 7　Estimation of dietary lysine requirement for *Jinghong* hens from 5 to 8 weeks of age based on a quadratic regression model

因变量 Dependent	二次回归方程 Quadratic regression equation	赖氨酸最佳需要量 Optimal requirement of lysine

variables		
体重 BW/g	y=－642.617x^2+1 225.476x+4.924（R^2=0.869）	0.906
群体均匀度 Community eveness/%	y=－227x^2+425.595x－107.738（R^2=0.596）	0.888
全净膛重 Eviscerated carcasss weight/g	y=－444.344x^2+870.526x－56.112（R^2=0.526）	0.931
屠体重 Carcasss weight/g	y=－557.58x^2+1 088.81x+24.724（R^2=0.778）	0.928
心脏指数 Heart index/g	y=－4.082x^2+7.638x－0.655（R^2=0.642）	0.889
肝脏指数 Liver index/g	y=－14.659x^2+27.837x－0.861（R^2=0.614）	0.902
胫长 Shinbone length/cm	y=－4.259x^2+8.091x+3.767（R^2=0.869）	0.902
十二指肠重 Duodenum weight/g	y=－6.499x^2+14.650x－2.795（R^2=0.860）	1.071
血清尿酸 Serum UA/（U/L）	y=－683.916x^2+1 379.762x－533.524（R^2=0.604）	0.958
平均值 Mean		0.931

3 讨 论

3.1 饲粮赖氨酸水平对 5～8 周龄京红 1 号蛋鸡生长性能和体格发育的影响

赖氨酸是家禽必需氨基酸之一，饲粮中适宜水平的赖氨酸可提高家禽的 ADG、降低 ADFI，促进动物生长[11]；本试验结果支持上述观点，饲粮赖氨酸水平显著影响京红 1 号蛋

鸡母雏 8 周龄体重，这也与王信喜等[12]的研究结果一致。适当提高饲粮赖氨酸水平可改善北京鸭在生长前期和后期的体增重[13]；本试验结果显示，适宜赖氨酸水平（0.84%）可使 8 周龄京红 1 号蛋鸡获得较大体重和 ADG。前期 CE 的高低直接影响蛋禽产蛋期的生产性能[14]；胴体发育和胫长等可用于评价家禽发育，蛋鸡体重和胫长、胸宽同步，鸡只可适时开产和增加产蛋性能[15]。本研究结果显示，5～8 周龄京红 1 号蛋鸡饲粮中补充 0.84%~1.12%赖氨酸可获得满意的 CE、全净膛重、屠体重、心脏指数、肝脏指数和胫长，这为蛋鸡的适时开产和产蛋期较优产蛋性能的维持提供了保证。

3.2　饲粮赖氨酸水平对 8 周龄京红 1 号蛋鸡消化器官和免疫器官发育的影响

氨基酸是构成机体免疫系统的基本物质，与免疫器官发育关系密切。胸腺、脾脏和法氏囊等的指数可用于评价雏鸡的免疫状态[16-17]。饲粮中适宜的赖氨酸水平可显著提高蛋鸡的胸腺指数和脾脏指数[18]，本研究结果与之相似，蛋鸡饲粮中 0.84%~1.12%赖氨酸可获得较高的胸腺指数、脾脏指数和法氏囊指数。作为家禽第二限制性氨基酸，赖氨酸在饲粮中含量不当会影响其他氨基酸的利用，从而影响机体免疫功能，但目前针对赖氨酸对家禽免疫功能的研究，还仅局限在免疫器官指数等表观指标上，需进行深入研究。

肠道是营养物质消化吸收的主要部位，小肠是家禽消化、吸收营养素的主要器官，胰腺分泌消化酶辅助动物消化吸收，因此消化器官重量和胰腺可用于评价动物消化系统的发育。本课题组前期研究证实，饲粮氨基酸水平显著影响蛋雏鸡的胰腺、十二指肠和空肠的发育[19]。本试验中，饲粮赖氨酸水平在 0.84%~1.12%内，均获得较高的十二指肠重和空肠重，这与生长性能最佳的赖氨酸水平范围一致，因消化道重量、长度增加，增加了营养物质在小肠内的停留时间，促进了动物消化吸收营养物质，进而改善生长性能。

3.3　饲粮赖氨酸水平对京红 1 号蛋鸡血液指标的影响

血清生化指标是反映动物体内代谢和某些器官机能状态的重要指标。血清 TB 具有维持血管内正常胶体渗透压和酸碱度，运输多种代谢物，调节被运输物质的生理作用等功能，并与机体的免疫功能有密切关系，通过 TB 可间接了解机体的营养状况；ALB 除维持渗透压外，还可提供能量和修复组织[20]，TB 和 ALB 含量反映机体蛋白质的合成能力。本试验结果表明，饲粮赖氨酸水平显著影响血清 TP 和 ALB 含量，适量赖氨酸可显著提高 8 周龄京红 1 号蛋鸡血清 TP 和 ALB 含量，这与前人的研究结果[11]一致，说明饲粮中适宜赖氨酸水平可促进机体蛋白质合成，促进生长。

血清 UN、UA 都是禽类体内蛋白质和氨基酸代谢的终产物，含量高低间接表明了禽类对蛋白质和氨基酸物质的吸收、利用情况。血清中 UN、UA 含量高，说明饲粮氨基酸组成

不平衡、分解代谢加速；两者的含量越低，氮的利用效率越高，机体的蛋白质合成增加[21]。饲粮中适宜的赖氨酸水平可降低蛋雏鸭血清 UA、UN 含量[11]，与本试验的结果一致，饲粮赖氨酸水平显著影响 8 周龄京红 1 号蛋鸡血清中 UN、UA 含量，且 0.84%和 0.98%赖氨酸组的生长性能明显优于其他组，说明此时氨基酸平衡较好，利于体内蛋白质的合成。

ALP 主要由成骨细胞产生，血液中 ALP 活性增强利于提高动物增重[11]。本试验结果显示：0.84%赖氨酸组的血浆 ALP 活性显著高于 0.70%赖氨酸组，对应 0.84%赖氨酸组的体重、ADG 高于其他组，说明适宜的饲粮赖氨酸水平可促进雏禽生长。GH 是机体内重要的内分泌激素，在胚胎期和生长早期的血浆 GH 含量较高，可促进蛋白质合成和氨基酸转运[22]。本试验中，随饲粮赖氨酸水平的提高，血浆 GH 含量先升高再降低，与前人研究结果[11]一致，说明饲粮中适宜赖氨酸水平可促进动物机体 GH 的分泌，使 5~8 周龄京红 1 号蛋鸡处于良好的生长状态。

4 结 论

饲粮赖氨酸水平对 5~8 周龄京红 1 号蛋鸡的生长性能、胴体发育和免疫器官有较大影响。通过对生长性能、体格发育等指标拟合二次曲线，推荐此阶段京红 1 号蛋鸡母雏的饲粮赖氨酸需要量为 0.93%。

参考文献：

[1] SILVA E P,MALHEIROS E B,SAKOMURA N K,et al.Lysine requirements of laying hens[J].Livestock Science,2015,173:69–77.

[2] 梁中军,韩雪娇,马秋刚,等.饲粮含硫氨基酸水平对京红蛋鸡产蛋高峰期生产性能的影响[J].动物营养学报,2015,27(12):3720–3725.

[3] 付国强,计成,马秋刚,等.日粮蛋氨酸和赖氨酸水平对产蛋高峰期京红蛋种鸡生产和繁殖性能的影响[J].中国畜牧杂志,2013,49(1):31–35.

[4] 宋丹,岳洪源,陈秀丽,等.0~4周龄京红蛋鸡饲粮蛋氨酸需要量研究[J].中国农业科学,2014,47(12):2446–2454.

[5] 宋丹,李连彬,周梁,等.5~8周龄京红蛋鸡饲粮蛋氨酸需要量的研究[J].畜牧兽医学报,2014,45(11):1799–1808.

[6] 武书庚.蛋鸡饲料调制加工与配方集萃[M].北京:中国农业科学技术出版社,2013:134–145.

[7] BAILLEUL P J D,BERNIER J,MILGEN J V,et al.The utilization of prediction models to optimize farm animal production system:the case of a growing pig model[M]//MCNAMARA

J P,FRANCE J,BEEVER D E.Modeling nutrient utilization in farm animals.Wallingford:CAB International,2000:379–392.

[8] NRC.Nutrient requirements of poultry[S].9th rev ed.Washington,D.C.:National Academy Press,1994:3–15.

[9] 中华人民共和国农业部.NY/T 33—2004 鸡饲养标准[S].北京:中国农业出版社,2004.

[10] WASSERMAN J,NETER W.Applied linear statistical models:regression analysis of variance, and experimental designs[M].Boston:R. D. Irwin,1974:273–296.

[11] 张婷.饲粮赖氨酸对笼养蛋雏鸭生长性能及生化指标的影响[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2014.

[12] 王信喜,王志跃,杨海明,等.饲粮能量蛋白质水平与赖氨酸水平对5~10周龄扬州鹅体重和屠宰性能的影响[J].动物营养学报,2012,24(6):1044–1051.

[13] BONS A,TIMMLER R,JEROCH H.Lysine requirement of growing male Pekin ducks[J].British Poultry Science,2002,43(S5):677–686.

[14] 扈留轩.雏鸡、育成母鸡的体重和均匀度的控制[J].河南畜牧兽医,2001,22(3):11.

[15] 杨祥碧,赖守勋,钟茂伦,等.不同开产体重和均匀度对蛋鸡生产性能的影响[C]//第五届(2011)中国蛋鸡行业发展大会论文集.青岛:中国畜牧业协会,2011.

[16] KIDD M T,LERNER S P,ALLARD J P,et al.Threonine needs of finishing broilers:growth,carcass,and economic responses[J].Journal of Applied Poultry Research,1999,8(2):160–169.

[17] RIVAS A,FABRICANT J.Indications of immune depression in chickens infected with various strains of Marek's disease virus[J].Avian Diseases,1988,32(1):1–8.

[18] 杜宗堂.蛋鸡小麦添加非淀粉多糖酶日粮蛋氨酸和赖氨酸适宜水平研究[D].硕士学位论文.保定:河北农业大学,2012.

[19] 宋丹.0~17周龄京红蛋鸡饲粮蛋氨酸需要量研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2014.

[20] 周小乔,王宝维,葛文华,等.饲粮不同维生素 E 水平对鹅生产性能、胴体品质、血清生化指标和生殖激素含量的影响[J].动物营养学报,2012,24(3):464–471.

[21] MALMLOF K.Amino acid in farm animal nutrition metabolism,partition and consequences of imbalance[J].Swedish Journal of Agriculture Research,1988,18(4):191–193.

[22] BREIER B H.Regulation of protein and energy metabolism by the somatotropic

axis[J].Domestic Animal Endocrinology,1999,17(2/3):209–218.

Dietary Lysine Requirement for *Jinghong* Hens from 5 to 8 Weeks of Age

WANG Xiaocui WU Shugeng* SONG Dan ZHANG Haijun YUE Hongyuan WANG Jing QI Guanghai

(*National Engineering Research Center of Biological Feed, Key Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture, Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100081, *China*)

Abstract: The aim of this study was to determine the dietary lysine (Lys) optimal requirement for *Jinghong* laying hens from 5 to 8 weeks of age. Three hundred and sixty 4-week-old *Jinghong* hens were randomly allotted to 5 groups with 6 replicates of 12 birds each. The dietary Lys levels were 0.70%, 0.84%, 0.98%, 1.12% and 1.26%, respectively. The experiment lasted for 4 weeks. The average daily gain, body weight at 8 weeks of age and community evenness of hens in 0.84% Lys group were significantly higher than those in 1.26% Lys group (P<0.05). Birds fed 0.98% and 1.12% Lys diets had significantly improved body development, relative to those receiving 1.26% Lys diet (P<0.05). The duodenum weight and jejunum length in both 0.98% and 1.12% Lys groups were significantly higher than those in 0.70% and 1.26% Lys groups (P<0.05). The thymus index in 0.84% Lys group was significantly higher than that in 0.98%, 1.12% and 1.26 % Lys groups (P<0.05). The burse of fabricious index in the 0.84%, 0.98% and 1.12% Lys groups was higher than that in the other groups (P＜0.05). The serum contents of total protein and albumin in 0.84%, 0.98% and 1.12% groups were significantly higher than those in 0.70% and 1.26% Lys groups (P<0.05). Compared to those receiving 1.26% Lys diet, hens fed 0.98% Lys diet had significantlylower serum contents of uric nitrogen and uric acid (P<0.05). The serum alkaline phosphatase activity and plasma growth hormone content in 0.84% Lys group were significantly higher than those in 0.70% Lys group （P<0.05）. According to the quadratic regression analysis for final body weight, community evenness, eviscerated carcass weight, carcass weight, heart index, liver index, tibial length, duodenum weight and serum uric acid content, the optimal dietary levels of Lys for *Jinghong* hens were 0.906%, 0.888%, 0.931%, 0.928%, 0.889%, 0.902%, 0.902%, 1.071% and 0.958%, respectively. In conclusion, the dietary optimum level of Lys for

Jinghong laying hens of 5 to 8 weeks of age is 0.93%.

Key words: lysine; *Jinghong* hens; growth and development; pullets

*Corresponding author, professor, E-mail: wushugeng@caas.cn

（责任编辑　田艳明）